

Japanese Kokai Patent Application No. Hei 10[1998]-152774 (A)



RECEIVED

MAR 28 2002

TC 1700

Job No.: 598-87313

Ref.: 2390.DA/CPI/L/B/PJS---3600.2390-D1

Translated from Japanese by the Ralph McElroy Translation Company

910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL (A)
KOKAI PATENT APPLICATION NO. HEI 10[1998]-152774

Int. Cl. ⁶ :	C 23 C 14/35 H 01 L 21/203 21/285
Filing No.:	Hei 8[1996]-326171
Filing Date:	November 21, 1996
Publication Date:	June 9, 1998
No. of Claims:	6 (Total of 10 pages; FD)
Examination Request:	Not filed

SPUTTERING APPARATUS

Inventors:	Kyuzo Nakamura ULVAC Japan Ltd. 2500 Sugizono, Hagizono, Chigasaki-shi, Kanagawa-ken
	Satoru Ikeda Chiba Super Material Laboratory, ULVAC Japan Ltd. 523 Yokoda, Sanbu-cho, Sanbu-gun, Chiba-ken
	Toshihiro Suzuki Chiba Super Material Laboratory, ULVAC Japan Ltd. 523 Yokoda, Sanbu-cho, Sanbu-gun, Chiba-ken
	Yasushi Higuchi Chiba Super Material Laboratory, ULVAC Japan Ltd. 523 Yokoda, Sanbu-cho, Sanbu-gun, Chiba-ken

Takashi Komatsu
Chiba Super Material Laboratory,
ULVAC Japan Ltd.
523 Yokoda, Sanbu-cho, Sanbu-gun,
Chiba-ken

Kenzo Nagano
Chiba Super Material Laboratory,
ULVAC Japan Ltd.
523 Yokoda, Sanbu-cho, Sanbu-gun,
Chiba-ken

Hisashi Wada
Fujisusono Plant, ULVAC Japan
Ltd.
1220-14 Sugiyama, Susono-shi,
Shizuoka-ken

Yasushi Mizuzawa
Fujisusono Plant, ULVAC Japan
Ltd.
1220-14 Sugiyama, Susono-shi,
Shizuoka-ken

Nobuhiro Shigeki
Fujisusono Plant, ULVAC Japan
Ltd.
1220-14 Sugiyama, Susono-shi,
Shizuoka-ken

Chiho Kondo
Fujisusono Plant, ULVAC Japan
Ltd.
1220-14 Sugiyama, Susono-shi,
Shizuoka-ken

Applicant:

000231464
ULVAC Japan Ltd.
2500 Hagizono, Chigasaki-shi,
Kanagawa-ken

Agents:

Shigeo Ishijima, patent attorney and
1 other

[There are no amendments to this patent.]

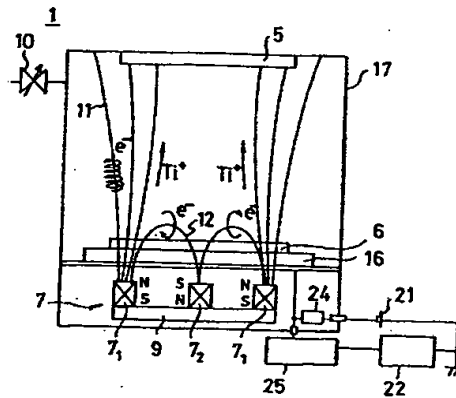
Abstract

Purpose

To provide a technique that can control the angle of incidence of sputtering particles incident on a substrate.

Solution means:

Lines of magnetic force which exit from a magnetron magnet 7 and arrive at a substrate 5 are increased, and an electron flow to the substrate 5 from a target 6 is formed, and sputtering particles with positive electric charge are drawn near to the direction toward the substrate 5. The angle of incidence of the sputtering particle onto the substrate is increased, and overhang around holes and bias of the film thickness on the bottom face are eliminated. If magnets are arranged on the back face of the substrate 5 or coil is wound in a flight path of the sputtering particles, the controllability is further improved.



Claims

1. A sputtering apparatus, characterized by the fact that in a sputtering apparatus that has a vacuum tank, a target disposed in said vacuum tank, and magnetron magnets arranged on the back face of said target and can form a thin film on the surface over a substrate by disposing the above-mentioned substrate over the above-mentioned target so that they are opposite each other and sputtering the above-mentioned target, the above-mentioned magnetron magnets have a first magnet part with a ring shape and a second magnet part disposed in the vicinity of the center of the above-mentioned first magnet part in the above-mentioned first magnet part and the

above-mentioned second magnet part, magnetic poles with mutually different polarities are directed to the above-mentioned target; and the magnetic force of the above-mentioned first magnet part is twice or more as strong as the magnetic force of the above-mentioned second magnet part.

2. The sputtering apparatus of Claim 1, characterized by the fact that third magnet part with a ring shape in which magnetic poles with a polarity different from that of the magnetic poles of the above-mentioned first magnet part directed to the above-mentioned target is arranged on the back face of the above-mentioned substrate.

3. The sputtering apparatus of Claim 1 or 2, characterized by the fact that a coil is wound around a path in which sputtering particles ejected from the above-mentioned target arrive at the substrate; and a direct current is sent to said coil.

4. A sputtering apparatus, characterized by the fact that in a sputtering apparatus that has a vacuum tank, a target disposed in said vacuum tank, and magnetron magnets arranged on the back face of said target and can form a thin film on the surface of a substrate by disposing the above-mentioned substrate over the above-mentioned target so that they are opposite each other and sputtering the above-mentioned target, the above-mentioned magnetron magnets have a first magnet part with a ring shape and a second magnet part disposed in the vicinity of the center of the above-mentioned first magnet part; in the above-mentioned first magnet part and the above-mentioned second magnet part, magnetic poles with mutually different polarities are directed to the above-mentioned target; and a third magnet part with a ring shape in which magnetic poles with a polarity different from that of the magnetic poles directed to the above-mentioned target of the above-mentioned first magnet part are directed to the above-mentioned substrate side is arranged on the back face of the above-mentioned substrate.

5. The sputtering apparatus of any of Claims 1-4, characterized by the fact that an ionization means for ionizing the sputter particles ejected from the above-mentioned target is installed.

6. The sputtering apparatus of any of Claims 1-5, characterized by the fact that the distance between the above-mentioned target and the above-mentioned substrate is 100 mm or more.

Detailed explanation of the invention

[0001]

Technical field of the invention

The present invention pertains to a sputtering apparatus. In particular, it pertains to a sputtering device that can control the flight direction of sputtering particles


[0002]

Prior art

In the semiconductor technology field, the storage capacity of a DRAM has increased from 64 M to 256 Mbit, and along with the high densification of electric elements formed in semiconductors, fine holes installed in thin films on the surface of a semiconductor substrate have a high aspect ratio.

[0003]

In order to form a thin film on the surface of a semiconductor substrate, a sputtering apparatus shown by 100 in Figure 11 has been used, and fine holes are filled with an electroconductive material by a thin film such as a thin titanium film or a thin aluminum alloy film.



[0004]

The sputtering apparatus 100 has a vacuum tank 117 constituted so that it can be vacuum-exhausted, and a backing plate 116 is disposed at the floor in the vacuum tank 117, and a target 106 formed of a thin film material is fixed onto the backing plate 116.

[0005]

In the vicinity of the ceiling of the vacuum tank 117, a substrate 105 to be film-formed can be disposed parallel with the target 106, while a direct-current power supply 121 and a high-frequency power supply 122 are arranged outside the vacuum tank 117. The backing plate 116 is connected to direct-current power supply 121 and the high-frequency power supply 122 via a low-pass filter 125 [sic; 124] and a matching box 125, and a voltage can be applied between the vacuum tank 117 placed at ground potential and the target 106 on the backing plate 116.

[0006]

A magnetron magnet 107 fixed to a yoke 109 is disposed on the back face of the backing plate 116. The magnetron magnet 107 is constituted by arranging several unit magnets 108 with dimensions of 10 x 20 x 20 mm as shown in Figure 12(b), and in first magnet part 107₁ installed in a ring shape on the backing plate 116, 42 pieces of unit magnets 108 are used. In a second magnet part 107₂ installed in a ring shape inside the first magnet part 107₁, 24 pieces of unit magnets 108 are used (Figure 12(a)).

[0007]

In the unit magnets 108 constituting the first magnet part 107₁, magnetic poles (N poles) with the same polarity are directed to the backing plate 109, and in the unit magnets 108 constituting the second magnet part 107₂, magnetic poles (S poles) with a polarity different from that of the first magnet part 107₁ are directed to the backing plate 109, and the lines of magnetic force generated from the N poles of the first magnet part 107₁ are constituted so that they form a tunnel of lines 112 of magnetic force on the surface of the target 106 and can be introduced into the S pole of the second magnet part 107₂.

[0008]

The substrate 105 is carried into the vacuum chamber 117 of the sputtering apparatus 100, in which the inside is set to a vacuum atmosphere. Then, if a sputtering gas is introduced by opening a gas intake valve 110 and the direct-current power supply 121 and the high-frequency power supply 122 are started, electrons e^- are entangled in the tunnel-shaped lines 112 of magnetic force of the surface of the target 106, so that a high-density sputtering gas plasma is introduced into the surface of the target 106, thereby sputtering the target 106.

[0009]

In the above-mentioned magnetron magnets 107, in order to strengthen the tunnel-shaped lines 112 of magnetic force, the magnetic strength of the first magnet part 107₁ and the magnetic strength of the second magnet part 107₂ are preferably close, and in the above-mentioned first magnet part 107₁ and second magnet part 107₂, the ratio of the magnetic strength is 42:24 (1.75:1) of the ratio of the number of unit magnets 108, which is a value close to 1:1. *balance*

[0010]

However, in a conventional sputtering apparatus 100, the flight direction of the sputtering particles ejected from the surface of the target 106 varies over a wide range as shown by the arrowheads, and sputtering particles in flight from various directions are incident on the surface of the substrate 105.

[0011]

If holes with a high aspect ratio are formed in the entire surface of the substrate 105, sputtering particles from various directions are uniformly incident on a hole 131 positioned in the vicinity of the substrate center as shown in Figure 13. However, sputtering particles from the direction in which the target 106 does not exist are not incident on a hole 132 positioned at the periphery of the substrate, and the incidence direction is biased.

[0012]

For this reason, the thickness of a thin film being formed on the bottom face of the hole 131 at the central position is uniform, however the thickness of a thin film 135 being formed on the bottom face of the hole 132 at the peripheral position is thick in the outer peripheral direction and thin in the inner peripheral direction, so that connection inferiorities are caused, resulting in problems.

[0013]

On the other hand, in holes 131 and 132 at any position, since the angle of incidence range is large and sputtering particles with a small angle of incidence as well as sputtering particles incident from the vertical direction are also in flight, sputtering particles with a small angle of incidence are attached to the opening part of each hole 131 and 132, and overhang is easily formed, so that the holes 131 and 132 cannot be filled with the thin film.

[0014]

In the future, it is thought that substrates will be made larger in diameter and holes will have a higher aspect ratio, so bias of the film thickness at the hole bottom face and overhang of the opening part will become significant problems.

[0015]

For sputtering particles with a small angle of incidence, in the prior art, a mesh filter called a collimator has been used, or a bias has been applied to the substrate, so that only vertical sputtering particles are incident on the substrate.

[0016]

In the collimator method, the collimator is disposed between a target and a substrate, sputtering particles ejected in an oblique direction from the target are attached to the mesh in the collimator, and only sputtering particles ejected in the vertical direction from the target are passed through the mesh and incident on the substrate. However, if the sputtering particles attached to the collimator peel off, they become dust, so that the number of inferior products is increased.

[0017]

On the other hand, in the substrate bias method, a direct current or an alternating-current bias is applied to a substrate, ionized sputtering particles are accelerated in the substrate direction

by an electric field, and the angle of incidence on the substrate is increased. However, damage to the substrate is large, so application of this method to actual products is questionable.


[0018]

Problems to be solved by the invention

The present invention has been formulated to solve the disadvantages of the above-mentioned prior art, and its objective is to provide a technique that can provide a bias-free thin film on the bottom face of holes with a high aspect ratio, without causing overhang.

[0019]

Means to solve the problems

In order to solve the above-mentioned problems, the invention of Claim 1 is characterized by the fact that in a sputtering apparatus that has a vacuum tank, a target disposed in said vacuum tank, and magnetron magnets arranged on the back face of said target and can form a thin film on the surface of a substrate by disposing the substrate over the target so that they may be opposite each other and sputtering the target, the magnetron magnets have first magnet part with a ring shape and a second magnet part disposed in the vicinity of the center of the first magnet part; in the first magnet part and the second magnet part, magnetic poles with mutually different polarities are directed to the target; and the magnetic force of the first magnet part is twice or more as strong as the magnetic force of the second magnet part. 

[0020]

In the sputtering apparatus with such a constitution, the lines of magnetic force being formed by the first magnet part arrive at the substrate, and electrons generated in the vicinity of the target surface are moved in the substrate direction while being wound on the lines of magnetic force, so that an electron flow is formed. Thereby, since the sputtering particles with positive electric charge among the sputtering particles are attracted to the electron flow and accelerated in the substrate direction, the angle of incidence on the substrate is increased. Therefore, overhang does not readily form at the opening part of fine holes installed in the substrate, and the thickness of thin films formed on the hole bottom faces becomes uniform.

[0021]

Also, the strength ratio of the magnetic force of the first magnet part to the second magnet part is effectively twice or more, preferably three times or more.

[0022]

In the sputtering apparatus of Claim 1, with the invention of Claim 2, if a third magnet part with a ring shape in which magnetic poles with a polarity different from that of the magnetic poles of the above-mentioned first magnet part directed to the above-mentioned target are arranged on the back face of the above-mentioned substrate, the first magnet part and the third magnet part are connected by the lines of magnetic force, and the density of the lines of magnetic force around the substrate is raised, and the electron flow is also strengthened. Thus, the sputtering particles are incident at an angle closer to vertical on peripheral part of the substrate.

[0023]

Also, in the sputtering apparatus of Claim 1 or 2, with the invention of Claim 3, if a coil is wound around a path in which sputtering particles ejected from the above-mentioned target arrive at the substrate and a direct current is sent to said coil, since the strength of the lines of magnetic force being formed by the first magnet part can be strengthened by sending current to the coil, the density of the lines of magnetic force penetrating through the target and the substrate is raised, so that the angle of incidence of many more sputtering particles incident on the substrate can be increased. In this case, since the strength of the lines of magnetic force can be changed by controlling the amount of current sent to the coil, the angle of incidence of the sputtering particles incident on the substrate is changed in accordance with the kind of target material and the aspect ratio of the fine holes, and a thin film can be formed under optimum conditions.

[0024]

Also, with the invention of Claim 4, in a sputtering apparatus that has a vacuum tank, a target disposed in said vacuum tank, and magnetron magnets arranged on the back face of said target and can form a thin film on the surface of a substrate by disposing the substrate over the target so that they are opposite each other and sputtering the target, the magnetron magnets have a first magnet part with a ring shape and a second magnet part disposed in the vicinity of the center of the first magnet part. In the first magnet part and the second magnet part, magnetic poles with mutually different polarities are directed to the target, and a third magnet part with a ring shape in which magnetic poles with a polarity different from that of the magnetic poles directed to the target of the first magnet part are directed to the substrate side is arranged on the back face of the substrate. In this case, similar effects are also obtained.

[0025]

In the sputtering apparatus of any of the above-mentioned Claims 1-4, since only the sputtering particles with electric charge exhibit an increase in the angle of incidence, if an ionization means for ionizing the sputter particles ejected from the target is installed, as in the invention of Claim 5, it is more effective.

[0026]

Also, in order to increase the angle of incidence of the sputtering particles incident on the substrate, it is effective for the substrate and the target not to be close to each other. Specifically, with the invention of Claim 6, the distance between the target and the substrate is preferably set to be 100 mm or more. However, if the distance is too remote, the thin film formation rate is lowered, so a distance of about 300 mm is considered as a limit in terms of practicality.

[0027]

Embodiments of the invention

1 of Figure 1 is the sputtering apparatus of a first example of the present invention and it has a vacuum tank 17 constituted so that it can be vacuum-exhausted by a vacuum pump which is not shown in the figure.

[0028]

The vacuum tank 17 is placed at ground potential, and a backing plate 16 is disposed in an electrically insulated state from the vacuum tank 17 on the floor of its inside. A target 6 formed of metal titanium (Ti) is fixed to the surface of the backing plate 16, and magnetron magnets 7 fixed to a yoke 9 are arranged on the back face.

[0029]

At the ceiling of the vacuum chamber 17, a substrate 5 (silicon wafer) is held parallel with the target 6, and the inside of the vacuum tank 17 is put in a vacuum state. Then, if a sputtering gas is introduced by opening a gas intake valve 10 and a direct-current power supply 21 and a high-frequency power supply 22 arranged outside the vacuum tank 17 are started, a voltage in which a high-frequency voltage overlaps a direct-current bias voltage (negative voltage) is applied to the backing plate 16 via a low-pass filter 24 and a matching box 25, and a sputtering gas plasma is generated on the surface of the target 6, so that the surface of the target 6 is sputtered.

[0030]

The magnetron magnets 7 have first magnet part 7_1 in which 42 pieces of unit magnets 8 (the same as the unit magnets 108 shown in Figure 12(b)) with dimensions of 10 x 20 x 20 mm and a second magnet part 7_2 in which 7 pieces of unit magnets 8 are arranged in the vicinity of the center inside the first magnet 7_1 (Figure 2). Magnetic poles with different polarities for unit magnets 8 in the first magnet part 7_1 and for the unit magnets 8 in the second magnet part 7_2 are directed to the backing plate 9.

[0031]

The ratio of the magnetic force strength of the first magnet part 107_1 positioned at the outer periphery and the second magnet part 107_2 positioned inside the first magnet part is 42:7 (6:1) which is the ratio of the number of unit magnets 8, so the magnetic force strength of the first magnet part 7_1 is increased.

[0032]

Here, N poles in the first magnet part 7_1 are directed to the backing plate 16, and S poles in the second magnet part 7_2 are directed to the backing plate. Of the lines of magnetic force generated from the N poles of the first magnet part 7_1 , part of the lines 12 of magnetic force form a tunnel on the surface of the target 6 and are introduced into the S poles of the second magnet part 7_2 . However, essentially all of the remaining lines 11 of magnetic force which cannot be introduced into the S poles of the second magnet part 7_2 are expanded, arrive at the substrate 5, pass through the substrate 5, draw a large loop, and are introduced into the S poles of the first magnet part 7_1 itself.

[0033]

Therefore, among electrons e^- generated on the surface of the target 6, electrons wound on the lines 12 of magnetic force, which form a tunnel, generate a high-density plasma in the vicinity of the surface of the target 6, while electrons wound on the lines 11 of magnetic force in the direction of the substrate 5 are repelled by the target 6 which is direct current-biased to a negative potential, pressed against the substrate 5 by electrostatic repulsion, and become an electron flow to the substrate 5 from the target 6.

[0034]

Under such a situation, among the sputtering particles ejected from the surface of the target 6, sputtering particles (Ti^+) with positive electric charge are drawn near the electron flow toward the substrate 5 and accelerated in the direction of the substrate 5. Among neutral

sputtering particles (Ti), some neutral sputtering particles receive positive electric charges from sputtering gas ions (inert gas ions with positive electric charge such as Ar^+) by the high-frequency voltage applied to the target 6 via the backing plate 16. They are accelerated in the direction of the substrate 5 by receiving positive electric charge.

*R F gas is b:
ionization*

[0035]

Since the lines 11 of magnetic force extended in the direction of the substrate 5 from the first magnet part 7₁ penetrate approximately vertically through the substrate 5 and the sputtering particles with positive electric charge are accelerated in the direction along the lines 11 of magnetic force, the angle of incidence of the sputtering particles (Ti^+ and Ti) incident on the substrate 5 is increased, so that overhang does not readily occur in fine holes installed in the substrate 5 and bias in the thickness of the films being formed in the hole bottom faces is reduced.

*Not effective for
center*

[0036]

Next, the sputtering apparatus of a second example of the present invention will be explained. 2 of Figure 3 is the sputtering apparatus, and third magnet part 37 fixed onto a yoke 36 is installed at back face positions of the substrate 5 in the above-mentioned sputtering apparatus 1. In the sputtering apparatus 2, the same symbols are given to the same parts as those of the sputtering apparatus 1, and their explanation is omitted.

[0037]

In the third magnet part 37, 20 pieces of unit magnets 8 are used, and in each unit magnet 8, the magnetic pole (S pole) with a polarity of mutual attraction to the first magnet part 7₁ is directed to the substrate, and the magnetic pole (N pole) with a polarity of repulsion is disposed toward the yoke 38 [sic; 36]. In this example, the unit magnets 8 are not arranged at the central part of the third magnet part 37, and lines 13 of magnetic force generated from the N pole parts to the center of the yoke 36 are leaked to the substrate 5 and introduced into the S poles of the third magnet part 37.

[0038]

If the third magnet part 37 is arranged on the back face of the substrate 5, the lines 11 of magnetic force, which are generated from the first magnet part 7₁ arranged on the back face of the target 6 and toward the direction of the substrate 5, penetrate into the substrate 5 and are introduced into the S poles of the third magnet part 37. Therefore, the density of the lines 11 of

magnetic force for connecting the target 6 and the substrate 5 is sparse in the vicinity of the center of the substrate 5 and dense in the vicinity of the periphery.

[0039]

Thin titanium films were formed by the sputtering apparatus 2 and the sputtering apparatus 1 shown in Figure 1, and the distribution of thin film formation rate in each substrate surface was measured. The distance between the substrate and the target was 170 mm.

[0040]

The results are shown along with the case of conventional sputtering apparatus 100 by the graph of Figure 7. The abscissa of the graph indicates the position in the substrate surface wherein the center position of the substrate is zero, and the ordinate indicates the formation rate ($\text{\AA}/\text{sec}\cdot\text{kW}$) of the thin titanium films per 1 kW input power.

[0041]

The graph that connects the plot of Δ s is the result of the conventional sputtering apparatus 100, the graph that connects the plot of \bullet s is the result of the sputtering apparatus 1, and the graph that connects the plot of O's is the result of the sputtering apparatus 2.

[0042]

In the conventional sputtering apparatus 100, since the sputtering particles are incident on the substrate surface from various directions, the formation rate distribution in the substrate surface has a mountain shape in which the rate is high at the center and low at the periphery. With such a rate distribution, overhang readily occurs in fine hole opening parts, and bias of thin titanium films of bottom faces readily occurs in peripheral holes.

[0043]

In the sputtering apparatus 1, the rate distribution in the substrate surface has an M shape, and in the sputtering apparatus 2, the rate distribution has a W shape. In any case, the angle of incidence of the sputtering particles incident on the substrate surface is increased, overhang does not readily occur, and bias of film thickness of bottom faces also does not readily occur.

[0044]

Next, the strength ratio of the magnetic force of the first magnet part 7₁ and the second magnet part 7₂ of the magnetron magnets 7 arranged on the back face of the target 6 was set to about the same value (about 1.75:1) as that of the conventional sputtering apparatus 100, and the

third magnet part 37 (150 mm in diameter) used in the above-mentioned sputtering apparatus 2 was arranged on the back face of the substrate, so that a sputtering apparatus was constituted (not shown in a figure). The thickness distribution of the thin titanium film in the substrate surface was measured.

[0045]

At that time, as the thin film formation conditions, the diameter of the titanium target was 400 mm (12 mm in thickness), the distance between the target and the substrate was 165 mm, the distance from the magnets arranged on the back face of the target to the target surface was 38 mm, the rotation speed of the first and second magnet part 7₁ and 7₂ was 40 rpm, the amount of sputtering gas (argon gas) flow was 14 sccm, the sputtering pressure was 1.1×10^{-1} Pa, and the input power was 8 kW.

[0046]

The results are shown by a graph that connects the plot of Os of Figure 8. In the conventional sputtering apparatus 100, a thin titanium film was formed under the above-mentioned conditions, and the film thickness distribution in the surface was measured. The results of the conventional technique are shown by a graph that connects the plot of ●s.

[0047]

If the third magnet part 37 is arranged on the back face of the substrate, the film thickness distribution exhibits an M shape, and the incidence direction of the sputtering particles can be controlled. However, in the conventional sputtering apparatus 100, the film thickness distribution exhibits a mountain shape, and it is clear that sputtering particles with a small angle of incidence are present.

[0048]

Also, if the third magnet part 37 is arranged on the back face of the substrate, the deposition rate is 104.3 nm/min, while in the conventional sputtering apparatus 100, the deposition rate is 88.4 nm/min. Thus, when third magnet part 37 is used, the deposition rate is superior.

[0049]

Similarly, using the sputtering apparatus in which the third magnet part 37 is arranged on the back face of the substrate and the conventional sputtering apparatus 100, sputtering was carried out while changing the formation conditions of a thin titanium film. Among the

above-mentioned formation conditions, the distance between the target and the substrate was changed to 170 mm, the amount of sputtering gas (argon gas) flow was changed to 40-50 sccm, and the sputtering pressure was changed to about 3.0×10^{-1} Pa. The formation time of the thin titanium film was 180 sec. The arrangement of the third magnet part 37 is shown in Figure 4. In the third magnet part, 37 pieces of unit magnets 8 are arranged in the vicinity of the edge of the circular yoke 36.

[0050]

The measurement results of the film thickness distribution are shown in a graph of Figure 9. When the third magnet part 37 was used (plot of Os), the deposition rate was 160.5 nm/min, and the film thickness distribution was 17.3%. In the conventional sputtering apparatus 100 (plot of ●s), the deposition rate was 162.2 nm/min, and the film thickness distribution was 35.9%. When the third magnet part 37 is used, it can be understood that if the distance between the substrate and the target is increased, the film thickness distribution can be further improved.

[0051]

Next, 3 of Figure 5 shows the sputtering apparatus of a third example of the present invention. In the sputtering apparatus 3, a coil 40 is installed in the vacuum tank 17 of the sputtering apparatus 2 shown in Figure 3. The coil 40 is constituted by a conducting wire wound around a path in which the sputtering particles arrive at the substrate 5 from the target 6 in the vacuum tank 17, and its two ends are connected to a direct-current power supply 41 disposed outside the vacuum tank 17, so that a direct current is sent at a desired amount of electrification.

[0052]

In the sputtering apparatus 3, the magnetic force strength ratio of the first magnet part 7₁ to the second magnet part 7₂ arranged on the back face of the target 6 is 6:1. Also, the N poles of the first magnet part 7₁ and the S poles of the second magnet part 7₂ are directed to the target 6, and the S poles of the third magnet part 37 are directed to the substrate 5. The lines of magnetic force generated from the first magnet part 7₁ penetrate through the target 6 and the substrate 5 and are introduced into the S poles of the third magnet part 37.

[0053]

In the sputtering apparatus 3 with such a constitution, if direct current is sent to the coil 40 with lines of magnetic force with the same direction as the direction of the lines of magnetic force which are generated from the first magnet part 7₁ and introduced into the third

magnet part 37, the density of the lines of magnetic force which connect the target 6 and the substrate 5 can be raised.

[0054]

Using the sputtering apparatus 3, the distance between the target and the substrate was set at 170 mm, the distance from the magnetron magnets 7 of the back face of the target 6 to the surface of the target 6 was set at 20 mm, the input power was set at 6 kW, and the sputtering gas (argon gas) pressure was set at 0.4 Pa. Thin titanium films were formed while changing the magnetic field strength to various values by controlling the amount of current sent to the coil 40.

[0055]

When thin titanium films are formed by different magnetic field strengths, the relationship between the formation rate and the position in the substrate surface is shown in a graph of Figure 10. The graph that connects the plot of ●s shows the case where no current is sent to the coil 40 (0 Gauss), the graph that connects the plot of □s shows the case where lines of magnetic force of 44 Gauss are generated, and the graph that connect the plot of △s shows the case where lines of magnetic force of 110 Gauss are generated. It is clear that the formation rate distribution of thin titanium films in the substrate surface can be controlled by controlling the magnetic field strength.

[0056]

The coil 40 can generate lines of magnetic force in the same direction as that of the lines of magnetic force formed between the first magnet part 7₁ of the magnetron magnets 7 arranged on the back face of the target 6 and the third magnet part 37 arranged on the back face of the substrate 5, and they are not necessarily arranged in the vacuum tank 17 but may also be wound on the vacuum tank 17.

[0057]

Also, with the sputtering apparatus of a fourth example of the present invention shown by 4 of Figure 6, the film thickness controllability can be further raised by combining the coil 40 and the third magnet part 37.

[0058]

As explained above, in the sputtering apparatuses 1-4 of the present invention, since the angle of incidence of the sputtering particles with positive electric charge among the sputtering particles incident on the substrate is increased, the ionization rate of the sputtering particles is

increased. In the above-mentioned sputtering apparatuses 1-4, the ionization of the sputtering particles has been accelerated by applying a high-frequency voltage to the target 6 through the high-frequency power supply 22, however other ionization acceleration means may also be used. For example, it is also effective for the strength of the lines of magnetic force formed parallel with the surface of the target 6 to be set to a strong magnetic field of 400 Gauss or more. Also, various ionization acceleration means such as arrangements of high-frequency coil can be used.

[0059]

The above-mentioned examples are cases where thin titanium films are formed, however the present invention can be broadly applied to various thin films such as thin titanium nitride films in addition to metallic thin films such as thin copper films and thin tungsten films

[0060]

Effect of the invention

Thin films can be formed in which overhang is not caused at the opening parts of fine holes in the substrate and no bias is caused in bottom faces of holes with a high aspect ratio. The film thickness distribution in the substrate surface and the film formation rate distribution can be controlled.

Brief description of the figures

Figure 1 is an illustrative diagram showing the sputtering apparatus of a first example of the present invention.

Figure 2 is an illustrative diagram showing an example of magnets arranged on the back face of a target of the sputtering apparatus.

Figure 3 is an illustrative diagram showing the sputtering apparatus of a second example of the present invention.

Figure 4 is an illustrative diagram showing an example of magnets arranged on the back face of a substrate of the sputtering apparatus.

Figure 5 is an illustrative diagram showing the sputtering apparatus of a third example of the present invention.

Figure 6 is an illustrative diagram showing the sputtering apparatus of a fourth example of the present invention.

Figure 7 is a graph showing an in-plane distribution of the formation rate of thin titanium films when the second example of the present invention is used.

Figure 8 is a graph showing an example of the film thickness distribution of thin titanium films when magnets are arranged on the back face of the substrate.

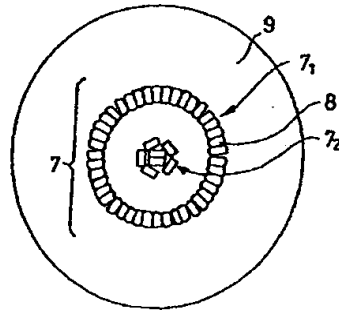


Figure 2

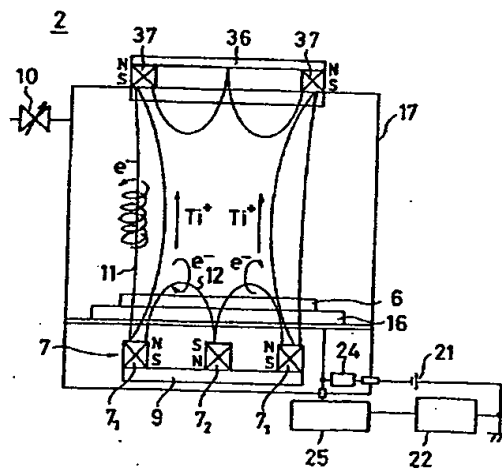


Figure 3

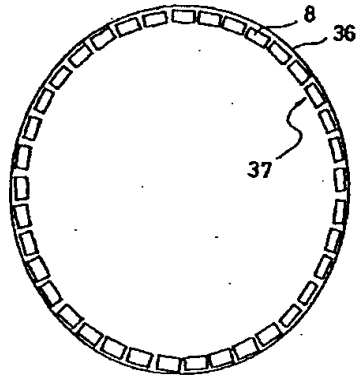


Figure 4

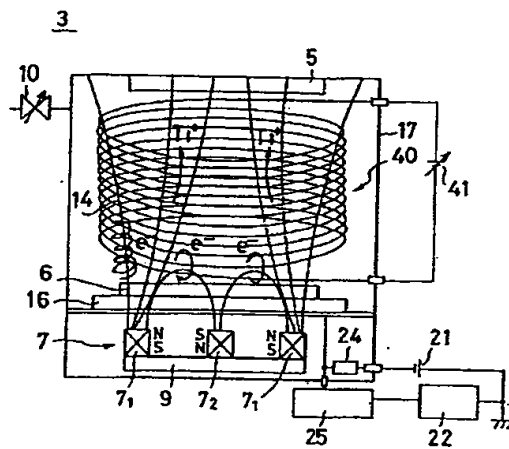


Figure 5

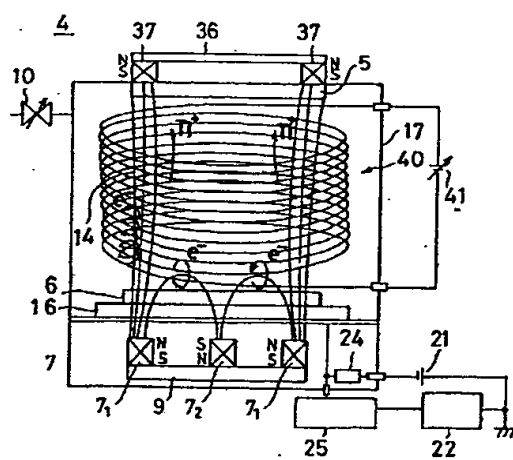


Figure 6

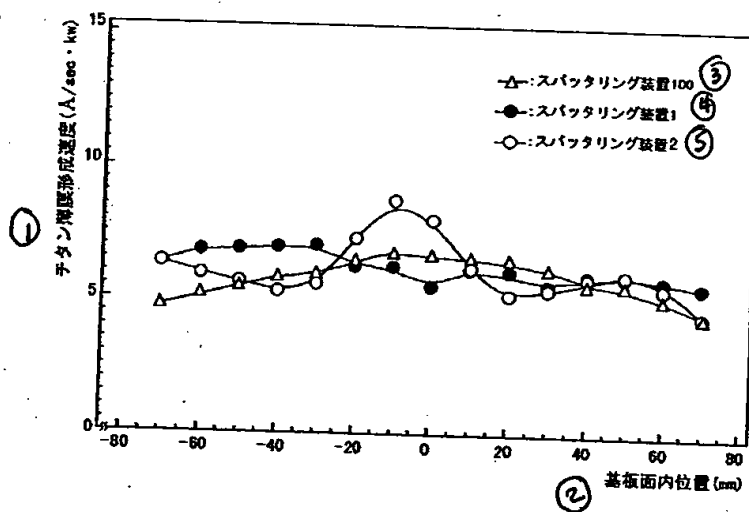


Figure 7

- Key:
- 1 Thin titanium film formation rate
 - 2 Position in the substrate surface
 - 3 Sputtering apparatus 100
 - 4 Sputtering apparatus 1
 - 5 Sputtering apparatus 2

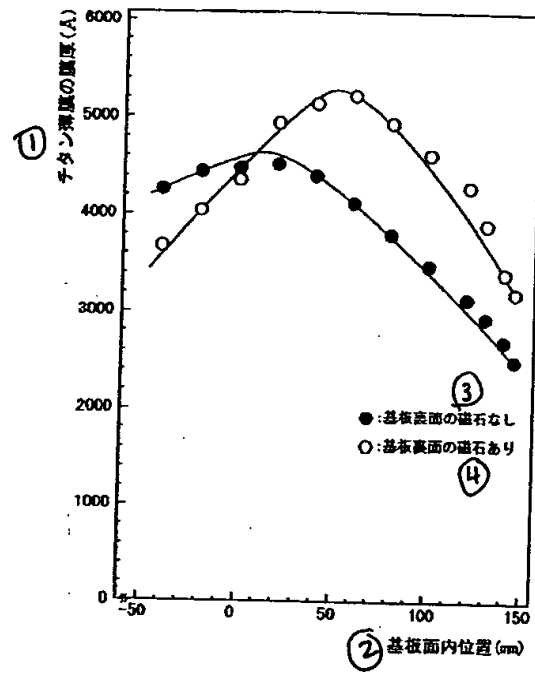


Figure 8

- Key:
- 1 Thickness of thin titanium films
 - 2 Position in the substrate surface
 - 3 Without magnets at the back face of the substrate
 - 4 With magnets at the back face of the substrate

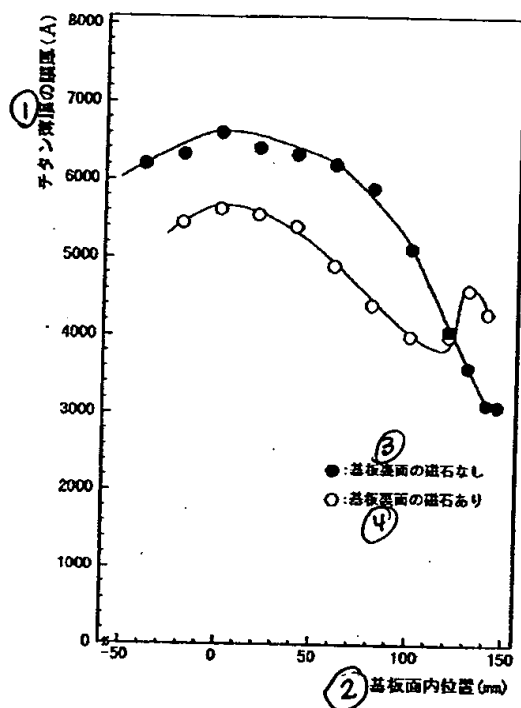


Figure 9

- Key:
- 1 Thickness of thin titanium films
 - 2 Position in the substrate surface
 - 3 Without magnets at the back face of the substrate
 - 4 With magnets at the back face of the substrate

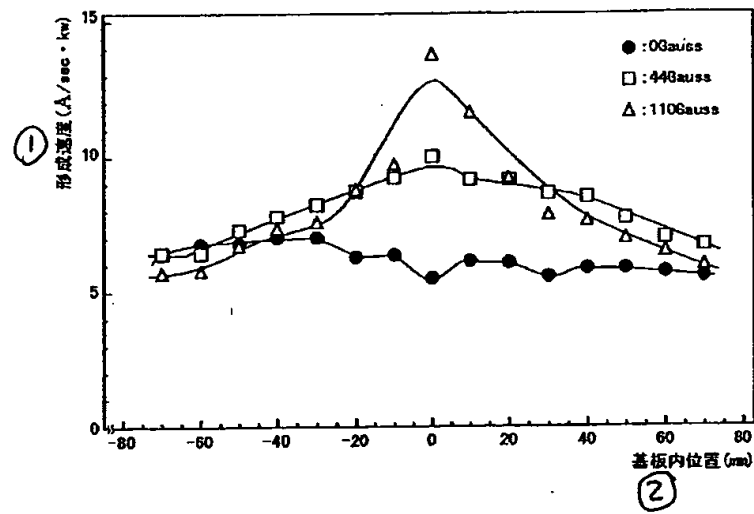


Figure 10

Key: 1 Formation rate
 2 Position in the substrate

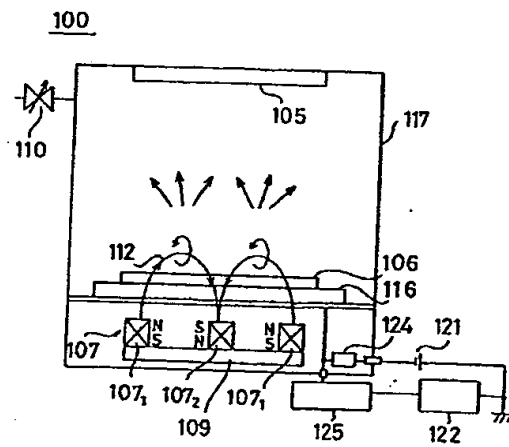


Figure 11

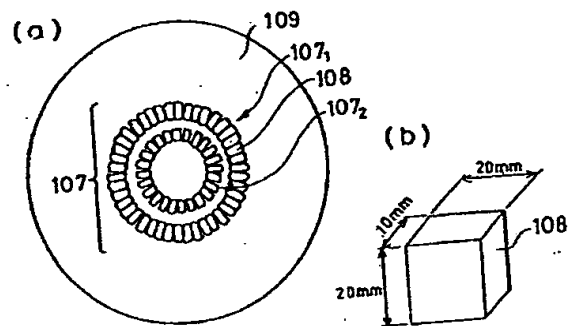


Figure 12

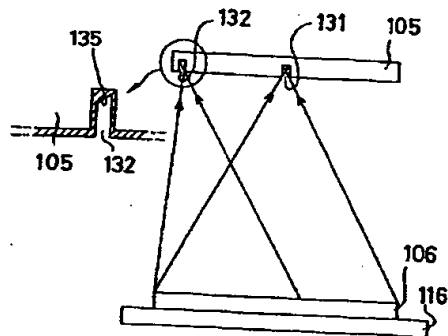


Figure 13

JP 10152774 A, P.F.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-152774

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

C 2 3 C 14/35

C 2 3 C 14/35

C

H 0 1 L 21/203

H 0 1 L 21/203

S

21/285

21/285

S

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-326171

(22) 出願日 平成8年(1996)11月21日

(71) 出願人 000231464

日本真空技術株式会社

神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地

(72) 発明者 中村 久三

神奈川県茅ヶ崎市萩園2500番地 日本真空
技術株式会社内

(72) 発明者 池田 智

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技
術株式会社千葉超材料研究所内

(72) 発明者 鈴木 寿弘

千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技
術株式会社千葉超材料研究所内

(74) 代理人 弁理士 石島 茂男 (外1名)

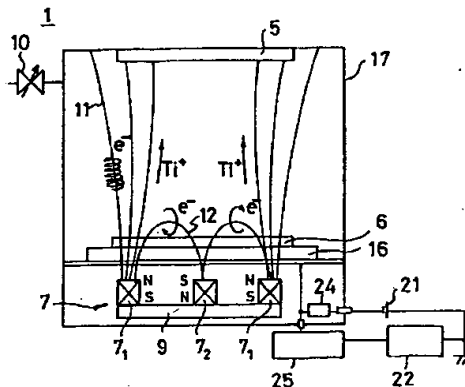
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スパッタリング装置

(57) 【要約】

【課題】スパッタリング粒子の基板への入射角を制御できる技術を提供する。

【解決手段】 マグネトロン磁石7から出て基板5に到達する磁力線を増やし、ターゲット6から基板5へ流れる電子流を作り、正電荷のスパッタリング粒子を基板5方向へ引き寄せる。スパッタリング粒子の基板5への入射角が大きくなり、ホール周辺のオーバーハングや底面での膜厚の偏りがなくなる。基板5の裏面に磁石を配置したり、スパッタリング粒子の飛行経路の周囲にコイルを巻回すと、制御性が一層向上する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空槽と、該真空槽内に配置されたターゲットと、該ターゲットの裏面に配置されたマグネトロン磁石とを有し、

前記ターゲット上に基板を対向配置して前記ターゲットをスパッタリングすると前記基板表面に薄膜を形成できるように構成されたスパッタリング装置であって、前記マグネトロン磁石は、リング状にされた第1の磁石部と、前記第1の磁石部の中央付近に配置された第2の磁石部とを有し、

前記第1の磁石部と前記第2の磁石部とは、互いに異なる極性の磁極が前記ターゲットに向けられ、前記第1の磁石部の磁力の方が、前記第2の磁石部の磁力よりも2倍以上強くなるようにされていることを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項2】 前記基板の裏面には、リング状にされ、前記第1の磁石部の前記ターゲットに向けられた磁極と異なる極性の磁極が前記基板側に向けられた第3の磁石部が配置されたことを特徴とする請求項1記載のスパッタリング装置。

【請求項3】 前記ターゲットから飛び出したスパッタリング粒子が前記基板に到達する経路の周囲にコイルが巻き回され、該コイルに直流電流を流せるように構成されたことを特徴とする請求項1又は請求項2のいずれか1項記載のスパッタリング装置。

【請求項4】 真空槽と、該真空槽内に配置されたターゲットと、該ターゲットの裏面に配置されたマグネトロン磁石とを有し、前記ターゲット上に基板を対向配置して前記ターゲットをスパッタリングすると前記基板表面に薄膜を形成できるように構成されたスパッタリング装置であって、前記マグネトロン磁石は、リング状にされた第1の磁石部と、前記第1の磁石部の中央付近に配置された第2の磁石部とを有し、前記第1の磁石部と前記第2の磁石部とは、互いに異なる極性の磁極が前記ターゲットに向けられ、前記基板の裏面には、リング状にされ、前記第1の磁石部の前記ターゲットに向けられた磁極と異なる極性の磁極が前記基板側に向けられた第3の磁石部が配置されたことを特徴とするスパッタリング装置。

【請求項5】 前記ターゲットから飛び出したスパッタリング粒子をイオン化するイオン化手段が設けられたことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載のスパッタリング装置。

【請求項6】 前記ターゲットと前記基板との距離は100mm以上にされたことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載のスパッタリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はスパッタリング技術

にかかり、特に、スパッタリング粒子の飛行方向を制御できるスパッタリング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体の技術分野では、DRAMの記憶容量が64Mから256Mビットに増加する等、半導体内に形成される電気素子は増々高密度化しており、それに伴って、半導体基板表面上の薄膜に設けられた微細なホールも高アスペクト比化している。

【0003】半導体基板表面に薄膜を形成するためには、従来より、図11の符号100で示したスパッタリング装置が用いられており、チタン薄膜やアルミ合金薄膜等の薄膜によって、微細なホール内を導電性材料で埋め込むことが行われている。

【0004】このスパッタリング装置100は、真空排気可能に構成された真空槽117を有しており、その真空槽117内の底壁側にはバックングプレート116が配置され、バックングプレート116上には、薄膜材料から成るターゲット106が固定されている。

【0005】真空槽117の天井付近には、成膜対象である基板105を、ターゲット106と平行に対向配置できるように構成されており、他方、真空槽117外には、直流電源121と高周波電源122が配置され、バックングプレート116は、ローパスフィルター125とマッチングボックス125とを介して直流電源121と高周波電源122とにそれぞれ接続されており、接地電位に置かれた真空槽117とバックングプレート116上のターゲット106との間に電圧を印加できるように構成されている。

【0006】バックングプレート116の裏面には、ヨーク109に固定されたマグネトロン磁石107が配置されている。マグネトロン磁石107は、図12(b)に示すような、10×20×20mmの大きさの単位磁石108を複数配置して構成されており、バックングプレート116上でリング状に設けられた第1の磁石部107₁では、単位磁石108が42個用いられており、その第1の磁石部107₁の内側に、リング状に設けられた第2の磁石部107₂では、単位磁石108は24個用いられている(図12(a))。

【0007】第1の磁石部107₁を構成する単位磁石108は、同一極性の磁極(N極)がバックングプレート109に向けられており、第2の磁石部107₂を構成する単位磁石108は、第1の磁石部107₁とは異なる極性の磁極(S極)がバックングプレート109に向けられており、第1の磁極部107₁のN極から出た磁力線はターゲット106表面に磁力線112のトンネルを形成した後、第2の磁極部107₂のS極に入るように構成されている。

【0008】このようなスパッタリング装置100の真空槽117内に基板105を搬入し、内部を真空雰囲気した後、ガス導入バルブ110を開けてスパッタリング

ガスを導入し、直流電源121と高周波電源122とを起動すると、ターゲット106表面のトンネル状の磁力線112に電子 e^- が絡まり、ターゲット106表面に高密度のスパッタリングガスプラズマが閉じ込められ、ターゲット106のスパッタリングが行われる。

【0009】前述したマグネトロン磁石107では、トンネル状の磁力線112の強度を強めるため、第1の磁石部107₁の磁気強度と第2の磁石部107₂の磁気強度の比は近接していることが望ましいとされており、上述の第1の磁石部107₁と第2の磁石部107₂とでは、その磁気強度の比は、単位磁石108の個数比の42:24(1.75:1)と、1:1に近接した値にされている。

【0010】しかしながら従来技術のスパッタリング装置100では、ターゲット106表面から飛び出したスパッタリング粒子の飛行方向は、矢印で示すように広範囲に散らばっており、基板105表面には、種々の方向から飛来したスパッタリング粒子が入射してしまう。

【0011】ところが、基板105全面に高アスペクト比のホールが形成されている場合には、基板中央付近に位置するホール131では、図13に示すように、様々な方向からのスパッタリング粒子が均等に入射するが、基板の周辺に位置するホール132では、ターゲット106の存在しない方向からはスパッタリング粒子は入射せず、入射方向が偏ってしまう。

【0012】そのため、中央位置のホール131底面に形成される薄膜の膜厚は均一であっても、周辺位置のホール132の底面に形成される薄膜135の膜厚は、外周方向が厚く、内周方向が薄くなってしまい、接続不良を招くため、問題視されるに到っている。

【0013】他方、いずれの位置のホール131、132についても、入射角が大きく、垂直方向から入射するスパッタリング粒子ばかりでなく、入射角が小さいスパッタリング粒子も飛来してくるため、各ホール131、132の開口部分に入射角が小さいスパッタリング粒子が付着し、オーバーハングが形成され易く、ホール131、132内を薄膜によって充填できない場合も生じるという問題があった。

【0014】今後、基板は増々大口径化し、ホールは増々高アスペクト比化すると考えられるので、ホール底面の膜厚の偏りや、開口部のオーバーハングは深刻な問題となっている。

【0015】このような、入射角が小さいスパッタリング粒子については、従来技術でもコリメーターと呼ばれるメッシュフィルターを用いたり、基板にバイアスを印加し、なるべく垂直なスパッタリング粒子だけが基板に入射するような対策が試みられている。

【0016】コリメーター法は、ターゲットと基板の間にコリメーターを配置し、ターゲットから斜め方向に飛び出したスパッタリング粒子をコリメーター内メッシュ

に付着させ、ターゲットから垂直方向に飛び出したスパッタリング粒子だけをメッシュ内を通過させて基板に入射させるようにする技術であるが、コリメーターに付着したスパッタリング粒子が剥離するとダストになり、不良品が増加するという欠点がある。

【0017】他方、基板バイアス法は、基板に直流又は交流バイアスを印加し、イオン化したスパッタリング粒子を電界で基板方向に加速させて、基板に入射する角度を大きくさせるものであるが、基板が受けるダメージが大きいため、実際の製品に適用することは疑問視されている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来技術の不都合を解決するために創作されたもので、その目的は、オーバーハングが生じず、高アスペクト比のホール底面に偏りのない薄膜を形成できる技術を提供することにある。また、基板面内の膜厚分布を制御できる技術を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明は、真空槽と、該真空槽内に配置されたターゲットと、該ターゲットの裏面に配置されたマグネトロン磁石とを有し、ターゲット上に基板を対向配置してターゲットをスパッタリングすると基板表面に薄膜を形成できるように構成されたスパッタリング装置であって、そのマグネトロン磁石は、リング状にされた第1の磁石部と、第1の磁石部の中央付近に配置された第2の磁石部とを有し、第1の磁石部と第2の磁石部とは、互いに異なる極性の磁極がターゲットに向けられ、第1の磁石部の磁力の方が、第2の磁石部の磁力よりも2倍以上強くなるようにされていることを特徴とする。

【0020】このような構成のスパッタリング装置では、第1の磁石部が形成する磁力線が基板まで到達し、ターゲット表面近傍で生成された電子がその磁力線に巻き付きながら基板方向に移動し、電子流を形成するので、スパッタリング粒子のうち、正電荷を有するものが、電子流に引きつけられて基板方向に加速されるので、基板への入射角度が大きくなる。従って、基板に設けられた微細なホールの開口部にはオーバーハングが形成されにくくなり、ホール底面に形成される薄膜の膜厚は均一になる。

【0021】なお、第1の磁石部と第2の磁石部との磁力の強度比は、2倍以上であれば効果があるが、3倍以上にすることが望ましい。

【0022】この請求項1記載のスパッタリング装置では、請求項2記載の発明のように、基板裏面に、リング状にされ、第1の磁石と引き合う極性の磁極がその基板側に向けられた第3の磁石を配置しておく、第1の磁石部と第3の磁石部とが磁力線で結ばれ、基板の周辺の

磁力線密度が高くなり、電子流の流れも強くなるので、基板周辺部には、より垂直に近い角度でスパッタリング粒子が入射するようになる。

【0023】また、請求項1又は請求項2のいずれか1項記載のスパッタリング装置については、請求項3記載の発明のように、ターゲットから飛び出したスパッタリング粒子が基板に到達する経路の周囲にコイルを巻き回し、そのコイルに直流電流を流せるように構成しておく、第1の磁石部が形成する方向の磁力線強度をコイルに通電することで強めることができるので、ターゲットと基板とを貫通する磁力線密度が高くなり、より多くのスパッタリング粒子の基板への入射角度を大きくすることができる。この場合、磁力線強度はコイルへの通電量を制御することで、変えることができるので、ターゲット材料の種類や微細ホールのアスペクト比の大きさに従い、基板へ入射するスパッタリング粒子の入射角度を変え、最適な条件で薄膜を形成することが可能となる。

【0024】なお、請求項4記載の発明のように、真空槽と、該真空槽内に配置されたターゲットと、該ターゲットの裏面に配置されたマグネトロン磁石を有し、ターゲット上に基板を対向配置してターゲットをスパッタリングすると基板表面に薄膜を形成できるように構成されたスパッタリング装置であって、そのマグネトロン磁石は、リング状にされた第1の磁石部と、第1の磁石部の中央付近に位置する第2の磁石部とを有し、第1の磁石部と第2の磁石部とは、互いに異なる極性の磁極がターゲットに向けられ、基板の裏面には、リング状にされ、第1の磁石部のターゲットに向けられた磁極と異なる極性の磁極が基板に向けられた第3の磁石部が配置されている場合も、同様の効果がある。

【0025】以上説明した請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載のスパッタリング装置については、入射角を大きくできるスパッタリング粒子は電荷を有するものに限るので、請求項5記載の発明のように、ターゲットから飛び出したスパッタリング粒子をイオン化するイオン化手段を設けておくと、一層効果的である。

【0026】なお、スパッタリング粒子の基板への入射角を大きくするためには、基板とターゲットが近接していない方が効果的である。具体的には、請求項6記載の発明のように、ターゲットと基板との距離を100mm以上にしておくことが望ましい。但し、余り遠すぎると、薄膜形成速度が低下するので、実用上は、300mm程度の距離が限界と考えられる。

【0027】

【発明の実施の形態】図1の符号1は、本発明の第1例のスパッタリング装置であり、図示しない真空ポンプによって真空排気可能に構成された真空槽17を有している。

【0028】真空槽17はグラウンド電位に置かれており、その内部の底壁には、真空槽17とは電氣的に絶

縁した状態でバックングプレート16が配置されている。バックングプレート16の表面には、金属チタン(Ti)から成るターゲット6が固定されており、裏面にはヨーク9に固定されたマグネトロン磁石7が配置されている。

【0029】真空槽17の天井側には、ターゲット6に対向して平行に基板5(シリコンウェハ)が保持されており、真空槽17内を真空状態にした後、ガス導入バルブ10を開けてスパッタリングガスを導入し、真空槽17外に配置された直流電源21と高周波電源22とを起動すると、ローパスフィルター24とマッチングボックス25とを介して、バックングプレート16に直流バイアス電圧(負電圧)に高周波電圧が重畳された電圧が印加され、ターゲット6表面にスパッタリングガスプラズマが発生し、ターゲット6表面がスパッタリングされる。

【0030】このマグネトロン磁石7は、 $10 \times 20 \times 20$ mmの大きさの単位磁石8(図12(b)に示した符号108の単位磁石と同じもの)が42個リング状に配置されて構成された第1の磁石部7₁と、その第1の磁石部7₁の内側中央付近に、単位磁石8が7個配置されて構成された第2の磁石部7₂とを有しており(図2)、第1の磁石部7₁内の単位磁石8と第2の磁石部7₂内の単位磁石8とは異なる極性の磁極がバックングプレート9側に向けられている。

【0031】外周に位置する第1の磁石部107₁とその内側に位置する第2の磁石部107₂との磁力強度の比は、単位磁石8の個数比の42:7(6:1)になっており、第1の磁石部7₁の方の磁力強度が大きくなっている。

【0032】ここでは、第1の磁石部7₁ではN極が、第2の磁石部7₂ではS極がバックングプレート16側に向けられており、第1の磁石部7₁のN極から出た磁力線のうち、一部の磁力線12は、ターゲット6表面でトンネルを作り、第2の磁石部7₂のS極に入るが、残る殆どの磁力線11は第2の磁石部7₂のS極に入ることができず、広がって基板5側まで到達して基板5を貫通し、大きなループを描いて第1の磁石部7₁自身のS極に入る。

【0033】従って、ターゲット6表面で発生した電子e⁻のうち、トンネルを形成する磁力線12に巻き付いたものは、ターゲット6表面近傍に高密度プラズマを発生させるが、基板5方向に向かう磁力線11に巻き付いたものは、負電位に直流バイアスされているターゲット6と反発し、静電反力によって基板5側へ押しやられ、ターゲット6から基板5へ流れる電子流となる。

【0034】このような状況の下、ターゲット6表面から飛び出したスパッタリング粒子のうち、正電荷を有するスパッタリング粒子(Ti⁺)は、基板5へ向かう電子流に引き寄せられ、基板5方向に加速される。中性のスパッタリング粒子(Ti)のうちには、バックングプレー

ト16を介してターゲット6に印加された高周波電圧によって、スパッタリングガスイオン(Ar^+ 等の正電荷の不活性ガスイオン)から正電荷を受け取るものがあり、正電荷を受け取ると基板5方向に加速される。

【0035】第1の磁石部7₁から基板5方向に伸びた磁力線11は、基板5を略垂直に貫通しており、正電荷のスパッタリング粒子は、そのような磁力線11に沿った方向に加速されるので、基板5へ入射するスパッタリング粒子(Ti^+ や Ti)の入射角度は大きくなるので、基板5に設けられた微細なホールにオーバーハングが生じにくくなり、また、ホール底面に形成される膜厚の膜厚には偏りが少なくなる。

【0036】次に、本発明の第2例のスパッタリング装置を説明する。図3の符号2は、そのスパッタリング装置であり、上述のスパッタリング装置1に対し、基板5の裏面位置に、ヨーク36上に固定した第3の磁石部37を取り付けたものである。このスパッタリング装置2については、スパッタリング装置1と同じ部材には同じ符号を付して説明を省略する。

【0037】その第3の磁石部37は、20個の単位磁石8が用いられており、各単位磁石8は、第1の磁石部7₁とは引き合う極性の磁極(S極)を基板側に向け、反発する極性の磁極(N極)をヨーク38側に向けて配置されている。本例では、第3の磁石部37の中心部には単位磁石8は配置されておらず、ヨーク36中央のN極化した部分から出た磁力線13が、基板5の表面に漏洩した後、第3の磁石部37のS極に入るように構成されている。

【0038】このような第3の磁石部37が基板5の裏面に配置されている場合には、ターゲット6の裏面に配置された第1の磁石部7₁から出て基板5方向に向かった磁力線11は、基板5を貫通し、第3の磁石部37のS極に入るようになる。従って、ターゲット6と基板5とを結ぶ磁力線11の密度は、基板5の中央付近は疎となり、周辺付近は密となる。

【0039】このスパッタリング装置2と、図1に示したスパッタリング装置1とで、チタン薄膜を形成し、薄膜形成速度の基板面内分布を測定した。基板・ターゲット間距離は170mmにした。

【0040】その結果を、従来技術のスパッタリング装置100の場合と併せて図7のグラフに示す。このグラフの横軸は基板の中心位置をゼロとした基板面内での位置を示しており、縦軸は投入電力1kW当たりのチタン薄膜の形成速度($\text{\AA}/\text{sec} \cdot \text{kW}$)を示している。

【0041】△のプロットを結んだグラフは従来技術のスパッタリング装置100、○のプロットを結んだグラフはスパッタリング装置1、○のプロットを結んだグラフは、スパッタリング装置2の結果である。

【0042】従来技術のスパッタリング装置100では、様々な方向から基板表面にスパッタリング粒子が入

射するため、基板面内の形成速度分布は中央が速く、周辺が遅い山型になる。このような速度分布では、微細なホール開口部にオーバーハングを生じ易く、また、周辺部のホールでは底面のチタン薄膜に偏りが生じ易い。

【0043】スパッタリング装置1の場合は、基板面内の速度分布はM字型となり、スパッタリング装置2ではW字型となる。いずれの場合でも、スパッタリング粒子の基板表面への入射角度は大きくなっており、オーバーハングは生じにくく、底面の膜厚の偏りも生じにくくなっている。

【0044】次に、ターゲット6裏面に配置されたマグネトロン磁石7の第1の磁石部7₁と第2の磁石部7₂との磁力の強度比を従来のスパッタリング装置100と同程度(1.75:1程度)にし、前述のスパッタリング装置2に用いた第3の磁石部37(直径150mm)を基板裏面に配置してスパッタリング装置を構成し(図示せず)、基板面内のチタン薄膜の膜厚分布を測定した。

【0045】このときの薄膜形成条件は、チタターゲットは直径400mm(厚さ12mm)、ターゲット・基板間距離は165mm、ターゲット裏面に配置された磁石からターゲット表面までの距離は38mm、第1、第2の磁石部7₁、7₂の回転速度は40rpm、スパッタリングガス(アルゴンガス)流量は14sccm、スパッタリングの際の圧力は $1.1 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ 、投入電力は8kWであった。

【0046】その結果を図8の○のプロットを結んだグラフで示す。従来技術のスパッタリング装置100についても、上述の条件でチタン薄膜を形成し、面内膜厚分布を測定した。従来技術の結果は、●のプロットを結んだグラフで示す。

【0047】基板裏面に第3の磁石部37を配置した場合には膜厚分布はM型になり、スパッタリング粒子の入射方向が制御できているが、従来のスパッタリング装置100では、膜厚分布は山型になっており、入射角の小さいスパッタリング粒子があることが分かる。

【0048】なお、第3の磁石部37を基板裏面に配置した場合には、析出速度は104.3nm/minであったのに対し、従来技術のスパッタリング装置100では、析出速度は88.4nm/minであり、第3の磁石部37を用いた場合の方が優れている。

【0049】同様に、第3の磁石部37を基板裏面に配置したスパッタリング装置と、従来技術のスパッタリング装置100とを用い、チタン薄膜の形成条件を変えてスパッタリングを行った。前述の形成条件のうち、ターゲット・基板間距離を170mm、スパッタリングガス(アルゴンガス)流量を40~50sccm、スパッタリング圧力を約 $3.0 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ に変えた。チタン薄膜の形成時間は180秒にした。第3の磁石部37の配置は、図4に示す。単位マグネトロン8が円形のヨーク36の縁付近に37個配置されて構成されている。

【0050】膜厚分布を測定した結果を図9のグラフに示す。第3の磁石部37を用いた場合(○のプロット)の析出速度は160.5nm/min、膜厚分布は17.3%であり、従来技術のスパッタリング装置100の場合(●のプロット)は、析出速度は162.2nm/min、膜厚分布は35.9%であった。第3の磁石部37を用いる場合には、基板・ターゲット間距離を大きくすると、膜厚分布をより一層改善できることが分かる。

【0051】次に、図5の符号3に、本発明の第3例のスパッタリング装置を示す。このスパッタリング装置3は、図3に示したスパッタリング装置2の真空槽17内にコイル40を設けたものである。そのコイル40は、真空槽17内で、スパッタリング粒子がターゲット6から基板5へ到達する経路の周囲に巻回された導線で構成されており、その両端が真空槽17外に配置された直流電源41に接続され、所望の通電量で直流電流を流せるように構成されている。

【0052】このスパッタリング装置3は、ターゲット6の裏面に配置されたマグネトロン磁石7の第1の磁石部7₁と、第2の磁石部7₂との磁力強度比は6:1にしてある。また、第1の磁石部7₁のN極と第2の磁石部7₂のS極がターゲット6側に向けられ、第3の磁石部37のS極が基板5側に向けられており、第1の磁石部7₁から出た磁力線は、ターゲット6と基板5を貫通して第3の磁石部37のS極に入るように構成されている。

【0053】このような構成のスパッタリング装置3において、コイル40に直流電流を流し、第1の磁石部7₁から出た第3の磁石部37に入る磁力線の向きと同じ向きの磁力線を発生させた場合、ターゲット6と基板5とを結ぶ磁力線の密度を高めることができる。

【0054】このスパッタリング装置3を用い、ターゲット・基板間距離を170mm、ターゲット6裏面のマグネトロン磁石7からターゲット6表面までの距離を20mm、投入電力を6kW、スパッタリングガス(アルゴンガス)圧力を0.4Paに設定し、コイル40への通電量を制御して磁場強度を種々の値に異ならせてチタン薄膜を形成した。

【0055】異なる磁場強度でチタン薄膜を形成した場合の形成速度と基板面内位置との関係を図10のグラフに示す。●のプロットを結んだグラフはコイル40に電流を流さなかった場合(0Gauss)、□のプロットを結んだグラフは44Gaussの磁力線を発生させた場合、△のプロットを結んだグラフは110Gaussの磁力線を発生させた場合である。磁場強度を制御することで基板面内のチタン薄膜の形成速度分布を制御できることが分かる。

【0056】なお、コイル40は、ターゲット6裏面に配置されたマグネトロン磁石7の第1の磁石部7₁と、基板5裏面に配置された第3の磁石部37との間で形成

される磁力線と同じ方向の磁力線を発生させればよく、必ずしも真空槽17内に配置されている必要はなく、真空槽17に巻回されているものも含む。

【0057】また、図6の符号4に示した本発明の第4例のスパッタリング装置のように、コイル40と第3の磁石部37とを併用し、膜厚制御性を更に高めることができる。

【0058】以上説明したように、本発明のスパッタリング装置1~4では、スパッタリング粒子のうち、正電荷を有するものの基板への入射角を大きくするので、スパッタリング粒子のイオン化率が高い程効果的である。上述のスパッタリング装置1~4では、高周波電源22を用い、ターゲット6に高周波電圧を印加することでスパッタリング粒子のイオン化を促進していたが、他のイオン化促進手段を用いてもよい。例えば、ターゲット6表面に平行に形成される磁力線の強度を400Gauss以上の強磁界にしても効果的である。また、高周波コイルを配置する等、種々のイオン化促進手段を用いることができる。

【0059】上述の例は、チタン薄膜を形成する場合であったが、本発明は、銅薄膜やタングステン薄膜等の金属薄膜の他、窒化チタン薄膜等の種々の薄膜に広く適用することができる。

【0060】

【発明の効果】基板状の微細孔の開口部にオーバーハングが生じず、また、高アスペクト比のホール底面に偏りのない薄膜を形成できる。基板面内の膜厚分布や成膜速度分布を制御できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1例のスパッタリング装置を説明するための図

【図2】そのスパッタリング装置のターゲット裏面に配置する磁石の例を説明するための図

【図3】本発明の第2例のスパッタリング装置を説明するための図

【図4】そのスパッタリング装置の基板裏面に配置する磁石の例を説明するための図

【図5】本発明の第3例のスパッタリング装置を説明するための図

【図6】本発明の第4例のスパッタリング装置を説明するための図

【図7】第1、第2例の本発明を用いた場合のチタン薄膜の形成速度の面内分布を示すグラフ

【図8】基板裏面に磁石を配置した場合のチタン薄膜の膜厚分布の一例を示すグラフ

【図9】基板裏面に磁石を配置した場合のチタン薄膜の膜厚分布の他の例を示すグラフ

【図10】本発明の第3例を用いた場合のチタン薄膜の形成速度の面内分布を説明するためのグラフ

【図11】従来技術のスパッタリング装置を説明するた

めの図

【図12】(a)：従来技術のスパッタリング装置のターゲット裏面に配置されていた磁石を説明するための図

(b)：その磁石の単位磁石を説明するための図

【図13】従来技術のスパッタリング装置のホール内の薄膜の偏りを説明するための図

【符号の説明】

1、2、3……スパッタリング装置 5……基板

6……ターゲット

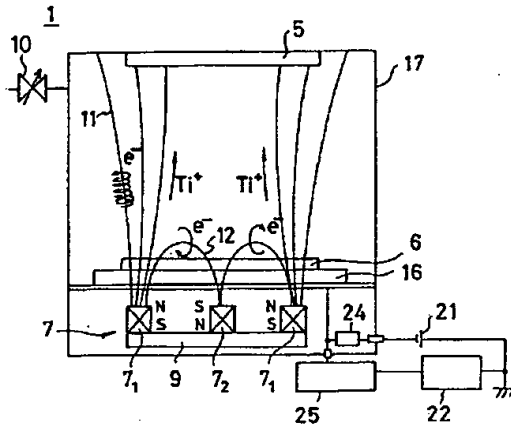
7……マグネトロン磁石 7_1 ……第1の磁石部

7_2 ……第2の磁石部

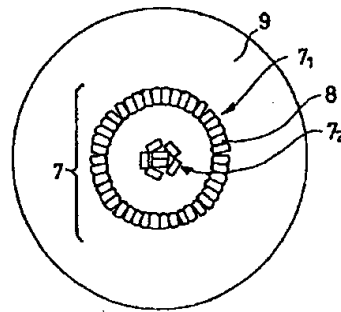
17……真空槽 37……第3の磁石部 40……

コイル

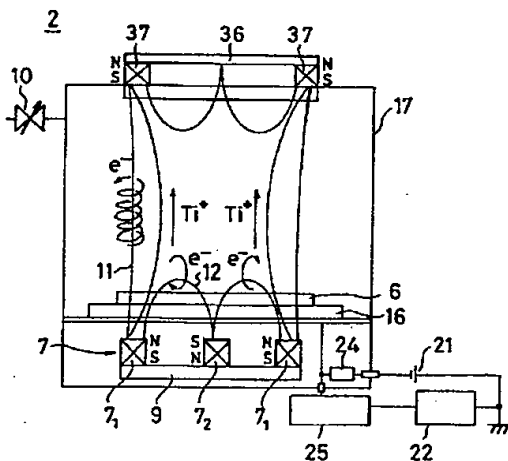
【図1】



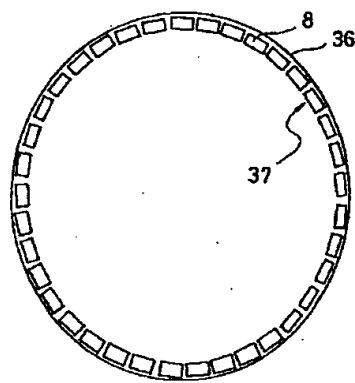
【図2】



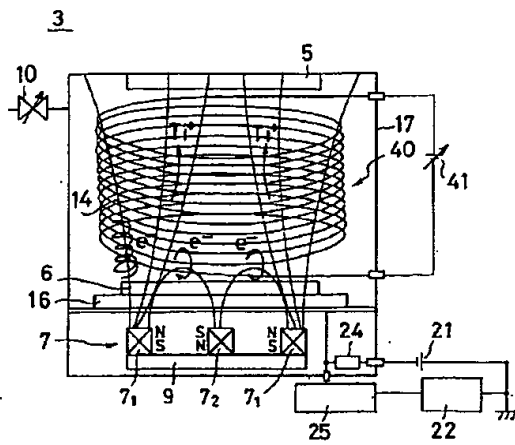
【図3】



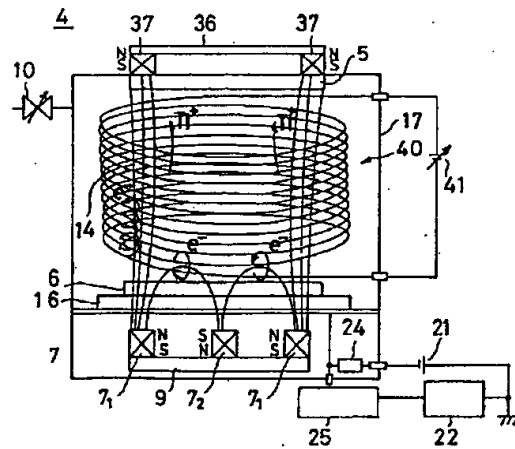
【図4】



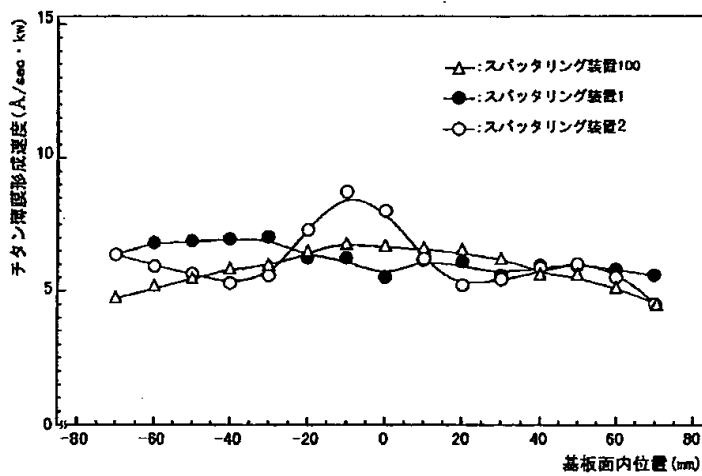
【図5】



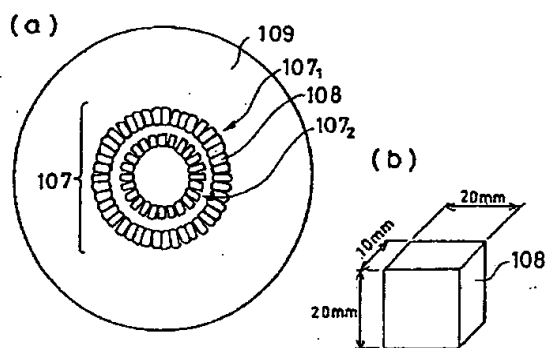
【図6】



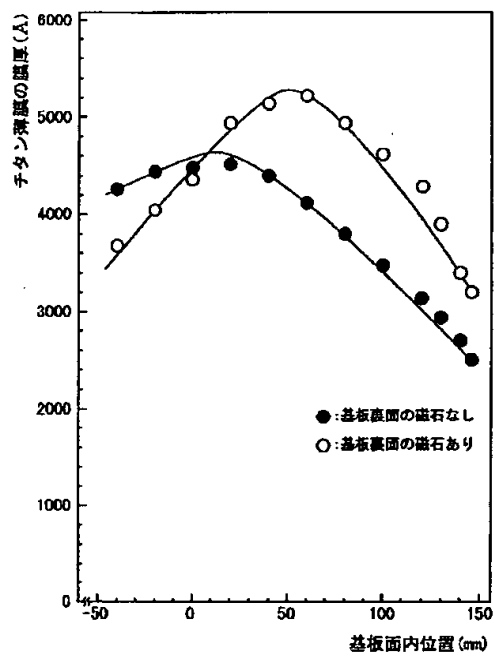
【図7】



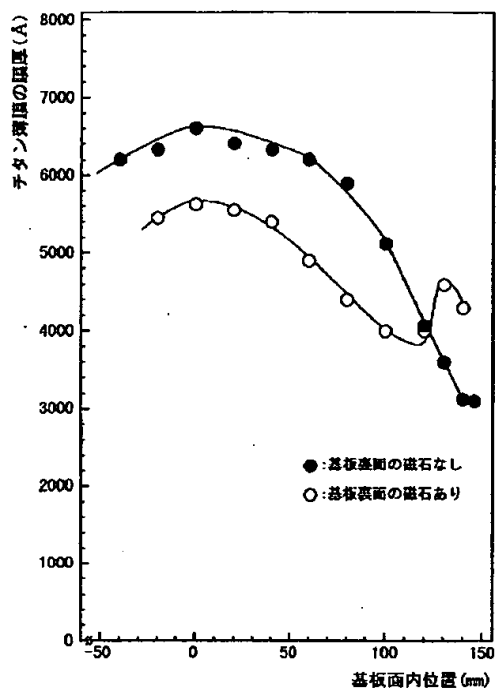
【図12】



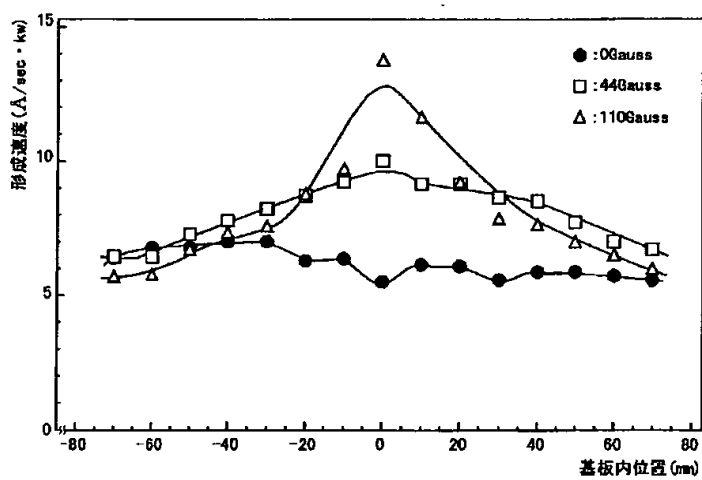
【図8】



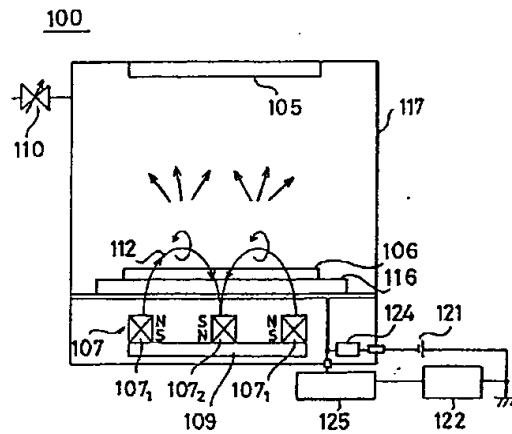
【図9】



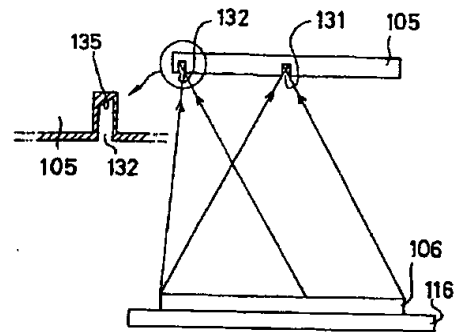
【図10】



【図11】



【図13】



フロントページの続き

- (72)発明者 樋口 靖
千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内
- (72)発明者 小松 孝
千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内
- (72)発明者 長野 賢三
千葉県山武郡山武町横田523 日本真空技術株式会社千葉超材料研究所内

- (72)発明者 和田 久
静岡県裾野市須山1220-14 日本真空技術株式会社富士裾野工場内
- (72)発明者 水沢 寧
静岡県裾野市須山1220-14 日本真空技術株式会社富士裾野工場内
- (72)発明者 茂木 信博
静岡県裾野市須山1220-14 日本真空技術株式会社富士裾野工場内
- (72)発明者 近藤 智保
静岡県裾野市須山1220-14 日本真空技術株式会社富士裾野工場内